

NATURVÅRDSVERKETS LIMNOLOGISKA UNDERSÖKNING

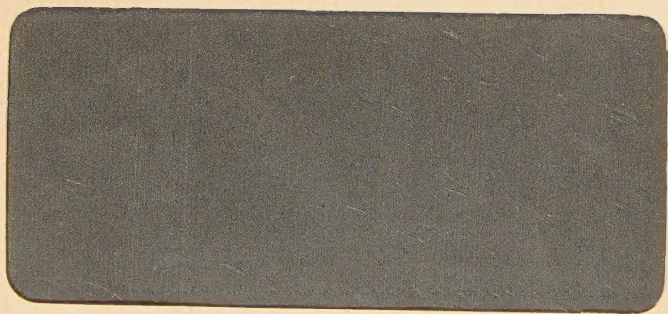
NATIONAL NATURE CONSERVANCY OFFICE LIMNOLOGICAL SURVEY
UPPSALA

Rangne Fondén, Id.

Bakteriologiska undersökningar
av Mälaren och Hjälmaren

1965 - 1968

Rund 1970



Mikrobiologiska institutionen
Paradisgatan 5
223 50 Lund

Rangne Fondén, Id.
Bakteriologiska undersökningar
av Mälaren och Hjälmaren
1965 - 1968

Rund 1970



BAKTERIOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR
AV MÄLAREN OCH HJÄLMAREN 1965-1968

RANGNE FONDÉN

Fil. Lic., Ld.

Avhandlingen för doktorsexamen kommer att försvaras vid en offentlig
disputation på Mikrobiologiska Institutionen, föreläsningssalen,
Paradisgatan 5, Lund, onsdagen den 2. december 1970 kl. 10.

F Ö R O R D

Denna rapport utgör en del av det arbete som utfördes inom Mälarundersökningen, nuvarande Naturvårdsverkets limnologiska undersökning (NLU). Arbetet har förutom i fält främst bedrivits vid Limnologiska Institutionen i Uppsala, där lokaler ställts till mitt förfogande av professor Wilhelm Rodhe.

Mitt intresse för mikrobiologin liksom mitt arbete inom detta område beror främst av påverkan från min lärare och handledare biträdande professor Börje Norén vid Statens Naturvetenskapliga Forskningsråd. Professor Norén förmedlade också min första kontakt med de ansvariga för Mälarundersökningen laborator Torbjörn Willén och laborator Thorsten Ahl. Dessa har på allt sätt hjälpt mig under utförandet av de här redovisade undersökningarna.

Mina kollegor inom NLU har hjälpt mig med fältarbetet och de har vidare generöst ställt resultat till mitt förfogande. Med det tekniska utförandet har jag haft assistans av fru Ulla Zettersten och herr Lars-Gunnar Ahlén.

Manuskriptet till denna sammanfattning liksom till de här refererade uppsatserna har diskuterats med och granskats av professor Norén och laborator Willén liksom med övriga kollegor inom NLU. De delar, som skrivits på engelska, har språkgranskats av Dr. C.A. Hobbie, Dr. M. Dickman och Mrs. J. Hörner.

Professor Claes Weibull vid Mikrobiologiska Institutionen i Lund har stött mig och arrangerat så att detta arbete kan presenteras i form av en disputation från hans institution. Genom välvilja från Mjölkcentralens ledning har jag beretts möjlighet att, efter det att min anställning vid Mälarundersökningen upphört, slutföra de här redovisade undersökningarna.

Till alla dessa samt till min fru Yvonne, som även hjälpt och uppmuntrat mig under studietiden, vill jag framföra mitt varma tack.

Rönninge i oktober 1970

Rangne Poulsen



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545309_0014

BACTERIOLOGICAL INVESTIGATIONS OF LAKE MÄLAREN AND LAKE HJÄLMAREN

Abstract

This paper is a summary of the following papers

- I Fondén, R. 1968 A yeast-extract peptone agar for the determination of heterotrophic bacteria in lakes. -
Vatten 24:161-166, Lund.
- II Fondén, R. 1969 Heterotrophic bacteria in Lake Mälaren and Lake Hjälmaren. -
Oikos 20:344-372, Copenhagen.
- III Fondén, R. 1969 Nutritional classification of some limnic bacterial populations. -
Oikos 20:373-383, Copenhagen.
- IV Fondén, R. 1969 Koliforma bakterier i Mälaren 1965-1968. -
Vatten 25:424-438, Lund.
(English summary)

The purpose was to study the distribution of bacteria as an indication of pollution and heterotrophic activity in the lake. This was done by determining the number of coliformic bacteria and the number of heterotrophic bacteria by pour-plate method. To determine the presence of heterotrophic bacteria a medium adapted to nutrient-poor waters was developed (I). This medium was used in determining the distribution of bacteria in the lakes (II). At the same time the components of the bacterial flora were studied.

Medium. - The number of colonies found in bacterial counts from the lakes varies with the concentration of organic nutrients. The highest counts was found with the medium YPA/25, peptone 0.2 g/l, yeast-extract 0.12 g/l and Ionagar (Oxoid).

The counts with a medium with 25 times higher amounts of the same nutrients were one half of the counts with YPA/25 and the counts with another medium with 4 times lower amounts were one third of the counts with YPA/25 (I).

The counts with YPA/25 were seven times higher than the counts with an ordinary beef-extract peptone medium and they were also higher than with sodium-caseinat media.

Distribution. - During the summer stratification, the highest numbers of YPA-bacteria were found at 0,5 m. Lower numbers were found at 5 m and at greater depths. The highest bacterial densities were found close to towns while the lowest came from the central parts of the lakes. A positive correlation was found between numbers of YPA-bacteria from surface water and the concentration of chlorophyll a, phosphorus and nitrogen. A negative correlation was found between YPA-bacterial density and the depth of the water column (also Secchi disc transparency).

High numbers of bacteria were found in June. Sampling stations close to river outflows showed high numbers during spring and autumn with maximal numbers of coliformic bacteria. During the winter, the numbers were low.

The high numbers of bacteria at some stations during spring and autumn depended probably on high numbers of washed-in bacteria.

The bacterial flora. - By comparing the counts with different media it was shown that the bacterial flora changed from the epilimnion to the hypolimnion. During the summer the ratio coliformic bacteria/YPA-bacteria was low compared to the other seasons.

The proportion of pigmented bacteria was highest during the summer as was the proportion of slow-growing YPA-bacteria. The nutritional requirements of YPA-bacteria were simplest during late autumn and winter when about 50 % grew well with inorganic nitrogen. Throughout the year, however, most of the bacteria needed vitamins or other growth factors.

Pollution. - The pollution of the lakes caused high bacterial densities. Areas close to inflowing rivers showed high numbers of YPA-bacteria following high amounts of washed-in bacteria during spring and autumn.

Still the numbers of coliformic bacteria fermenting lactose at 44° were lower than 100/100 ml and for that reason the water was mostly suitable for bathing according to Swedish standards. Except the water from some central parts of the lakes the water was unsuitable for drinking without previous treatment.

The pollution of the lakes probably caused a high primary production and as a consequence thereof also high YPA-bacterial densities in the epilimnic water during the summer.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
Abstract	1.
Inledning	4.
Metodik och benämningar	5.
Medium	5.
Bakteriernas fördelning	7.
Vertikal fördelning	7.
Horisontell fördelning	7.
Årstidsfördelning	8.
Bakteriepopulationens sammansättning	8.
Orsaker till bakteriepopulationens kvalitativa och kvantitativa variation	9.
Effekter av sjöarnas belastning med avloppsvatten	11.
Litteraturförteckning	12.

INLEDNING

Detta arbete utgör en sammanfattning av följande uppsatser, vilka betecknas med I - IV.

- I Fondén, R. 1968 A yeast-extract peptone agar for the determination of heterotrophic bacteria in lakes. - Vatten 24:161-166, Lund.
- II Fondén, R. 1969 Heterotrophic bacteria in Lake Mälaren and Lake Hjälmaren. - Oikos 20:344-372, Köpenhamn.
- III Fondén, R. 1969 Nutritional classification of some limnic bacterial populations. - Oikos 20:373-383, Köpenhamn.
- IV Fondén, R. 1969 Koliforma bakterier i Mälaren 1965 - 1968. - Vatten 25:424-438, Lund.

Ovan refererade bakteriologiska undersökningar har ingått som en del av det arbete som bedrevs inom Mälarundersökningen, nuvarande Naturvårdsverkets limnologiska undersökning. Målsättningen för Mälarundersökningen var att söka erhålla en allsidig och ingående bild av Mälaren och dess nederbördsområde, vilket bland annat omfattar Hjälmaren. Undersökningarna avsågs bedrivas fortlöpande, varigenom möjlighet skulle erhållas att följa effekterna av den belastning med skilda föroreningar som sjöarna kontinuerligt utsättes för (Ahl och Willén 1965). Denna målsättning har sökt uppfyllas genom upprepade studier av fysikaliska förhållande, växtplankton, djurplankton och primärproduktion liksom genom bestämning av halter av klorofyll a och andra kemiska föreningar. Därtill har studier över högre vattenväxter, bottenfauna och fisk bedrivits.

Målsättningen för de bakteriologiska undersökningarna var att även de skulle belysa föroreningarnas inverkan på sjöarna. För att uppfylla denna studerades bl.a. halterna av koliforma bakterier under olika årstider i de båda sjöarna. Fördelningen av dessa bakterier undersöktes, emedan den borde belysa betydelsen av direkta bakteriella föroreningar i sjöarna.

Därtill studerades halterna av de bakterier, vilka deltar i nedbrytningen av den organiska substansen. Fördelningen av dessa bakterier antogs ha ett samband med sjöarnas förorening, då tidigare limnologiska undersökningar visat att primärproduktionen ofta ökar väsentligt i sjöar, vilka utnyttjas som recipienter för kommunalt avloppsvatten. För att kunna studera dessa bakterier utvecklades ett medium som tillät så stor del som möjligt av dessa bakterier att utvecklas. Detta medium användes till att studera bakteriernas fördelning i sjöarna. Fördelningen bestämdes genom att prov togs från ett nät av provtagningsstationer (II, IV). Prov togs vanligen 6 gånger årligen. Dock

togs prov omkring 40 gånger under undersökningsåret från en lokal i Ekoln, en del av Mälaren.

Belastningen av sjöarna med avloppsvatten antogs även kunna påverka bakteriepopulationens sammansättning. Denna studerades genom att dels bestämma delar av populationen med skilda substrat, dels indela isolat i olika grupper efter näringsbehov. Resultaten sattes i samband med de inom Mälarundersökningen samtidigt vidtagna studierna av djur- och växtplankton.

METODIK OCH BENÄMNINGAR

Bakteriehalterna fastställdes genom rörmetoden vid bestämning av koliforma bakterier och genom plattgjutning vid bestämning av YPA-bakterier och MPA-bakterier (I, II). Med koliforma bakterier avses nedan de bakterier som förmår förjäsa laktos med gasbildning vid 35°C och med termostabila koliforma bakterier, de som äger denna egenskap vid 44°C . Med YPA-bakterier avses bakterier som bildar makrokolonier vid ingjutning i något av medierna YPA/10 och YPA/25 inom 21 dygn vid 20°C och aerob odling, medan med MPA-bakterier avses de som bildat kolonier inom 8 dygn med mediet MPA - ett kött-extrakt-peptonmedium av standardtyp. Sammansättningen av YPA-medierna ges nedan.

Indelningen av bakterieisolat i grupper efter näringsbehov skedde genom att bestämma tillväxten i fem olika media med varierande innehåll av kväveföreningar och vitaminer (III). Isolaten hänfördes till den grupp med lägst näringskrav i vars medium god tillväxt erhöles. De statistiska metoder, som tillämpats i dessa arbeten, har använts enligt beskrivning av Goulden (1952).

MEDIUM

Som bland annat framhållits av Elster (1963) lämpar sig vanliga bakteriologiska media ej för bestämning av halterna av sådana bakterier som påträffas i naturliga vatten. Endast en ringa del - 0,1 till 0,01 % - av de bakterier, vilka kan bestämmas genom direkt mikroskopisk räkning, förmår bilda makroskopiska kolonier på dessa substrat (Kusnezow 1959). Vid bestämning genom direkt räkning ingår dock ett subjektivt moment då det gäller att avgöra om en viss partikel är en bakterie eller ej. Då enligt ovan undersökningarna avsågs bedrivas fortlöpande och därigenom med tiden sannolikt av flera personer ansågs detta subjektiva moment utgöra en avsevärd nackdel. Bestämning av bakteriehalterna medelst plattgjutning kan däremot ge samma resultat oberoende av person, förutsatt att den utföres enligt väl standardiserade föreskrifter.

Bakteriernas odlingsbetingelser valdes så att de så vitt möjligt skulle likna deras naturliga miljö. Då dels i de undersökta sjöarna bakteriernas huvudsakliga energikälla borde utgöras av organisk substans, dels halten av denna organiska substans uppgick till storleksordningen 10 mg/l, varav endast mindre delen består av lätt nedbrytbara föreningar, gjordes försök med media med relativt låga halter organiska näringsämnen (I). Genom att plattorna inkuberades i tre veckor gavs även relativt långsamväxande bakterier möjlighet att bilda kolonier.

YPA/10, vilket sammansätts av 0,3 g/l jästextrakt och 0,5 g/l pepton samt agar, jämfördes med media innehållande högst 3 g/l jästextrakt och 5 g/l pepton samt lägst 0,03 g/l jästextrakt och 0,05 g/l pepton. De flesta kolonierna erhöles med YPA/25 bestående av 0,12 g/l jästextrakt och 0,20 g/l pepton samt agar. Antalet kolonier med YPA/25 var genomsnittligt dubbelt så många som det antal, vilket erhöles med de högsta halterna, och tre gånger fler än det antal, vilket erhöles med de lägsta halterna näringsämnen. YPA/25 och media innehållande 0,32 g/l av endera jästextrakt eller pepton gav samma antal kolonier. YPA/25 med tillsats av glycerol, vitaminer och mineralsalter gav likaledes samma antal kolonier som ordinär YPA/25.

YPA/10 jämfördes även med MPA samt tre olika Na-kaseinatmedia, varav några använts vid undersökningar av bakterier i vatten. YPA/10 gav signifikant högst kolonital. Vid Ekolnundersökningen jämfördes antalet kolonier som erhöles med YPA/25 och MPA. Högst antal kolonier erhöles med YPA/25 med prov från såväl Ekoln som Fyrisån och genomsnittligt utgjorde antalet med MPA omkring 15 % av antalet med YPA/25.

Inom jordmikrobiologin används ofta jordextrakt media lämpade för studier av den naturliga bakteriefloran (Lochhead 1952). Analogt härmed använde Skerman (1963) ett sedimentextrakt för att isolera bakterier från havsvatten. Försök gjordes därför med media av sedimentextrakt dels från en eutrof sjö, dels från en dystrof sjö (III). De olika extrakten gav varierande resultat, varvid extraktet från den eutrofa sjön gav flest bakteriekolonier. Fler kolonier utvecklades dock med YPA/10. Detta var speciellt markant med prov från epilimnion där antalet med eutrof-sedimentextraktet var 20 % av antalet med YPA/10. Motsvarande värde för prov från hypolimnion var 80 %.

En anledning till att fler bakterier förmår utveckla sig på de relativt näringsfattiga medierna än på de näringsrikare kan vara, att vid höga substratkoncentrationer snabbväxande bakterier hämmar mera långsamväxande bakterier, så att dessa ej hinner bilda makrokolonier. Vid något lägre substratkoncentrationer dämpas tillväxthastigheten främst hos de snabbväxande bakterierna, varigenom tillväxthastigheterna för de båda grupperna jämnas ut (Jannasch 1967). Därigenom får båda grupperna möjlighet att utveckla sig.

Vid än lägre substratkoncentrationer avtar även koncentrationerna av specifika tillväxtämnen under nödvändiga minimihalter för en del av bakterierna, varigenom dessa ej kan växa ut till kolonier.

BAKTERIERNAS FÖRDELNING

Vertikal fördelning

Under de undersökta somrarna var vattnet i Mälarens djupare delar skiktat (II). Denna tid påträffades högst YPA-bakteriehalter i ytvattnet. Halterna avtog ned till språngskiktet inom vilket än lägre halter påträffades, medan lägst antal fanns i hypolimnion. De koliforma bakterierna var mera jämnt fördelade. I Ekoln fanns lägst halter i epilimnion och högst i metalimnion (IV).

I Hjälmaren var vattnet ej skiktat under längre perioder under sommaren. YPA-bakteriehalterna i vattenpelarens övre hälft var växelvis högre och växelvis lägre än halterna i pelarens nedre hälft. Under vår- och höst-cirkulationerna varierade halterna i både Mälaren och Hjälmaren likaledes oregelbundet från djup till djup.

Under vintern är sjöarna helt istäckta, vanligen från slutet av december till början av april. I Mälarens mindre påverkade delar, Präst- och Björkfjärdarna, påträffades antingen högst YPA-bakteriehalter i epilimnion eller också var halterna desamma oberoende av djup. I Ekoln fanns höga YPA-bakteriehalter dels vid 5 meters djup, dels mot botten, där även höga halter koliforma bakterier påvisades. De höga halterna mot botten berodde på att saltrikt, förorenat vatten från Fyrisån följde Ekolns botten och fyllde ut dess djuppartier (II, IV).

Horisontell fördelning

Höga bakteriehalter fanns i de fjärdar som förorenas av avloppsvatten från större samhällen. Medeltalet YPA-bakterier per ml ytvatten var exempelvis under sommarhalvåret 1967 vid en lokal i Västeråsfjärden 54 000 och i Ekoln 19 000, medan halten i Mälarens centrala delar var 2 000 (II). Högst medeltal, 920 000 per ml, påträffades i Hjälmaren utanför Örebro. De koliforma bakteriehalterna var likaledes höga i dessa förorenade fjärdar (IV). Område med lägre antal termostabila koliforma bakterier än 10/100 ml fanns endast i Grönsö-, Präst- och Björkfjärdarna.

YPA-bakteriehalterna i ytvattnet var positivt korrelerade med växtplanktonförekomst mätt som halt klorofyll a och närsaltkoncentration mätt

som produkten av oorganiskt kväve och totalfosfor (II). Bakteriehalterna i ytvattnet avtog däremot dels med stigande vattendjup, dels med ökande siktdjup.

Årstidsfördelning

Bakteriehalterna var låga under vintern (II). De avtog under den tid då sjöarna var istäckta. I förorenade fjärdar påträffades dock lokalt mycket höga halter koliforma och termotabila koliforma bakterier (II, IV). I samband med vårflod och islossning ökade bakteriehalterna kraftigt, vilket speciellt framträdde vid lokaler relativt nära vattendragsmynningar (II).

Under sommaren påträffades ofta mycket höga YPA-bakteriehalter (II). 1967 fanns således högst halter under slutet av juni i Mälarens ytvatten. I Ekoln och Hjälmarén fanns däremot vid flera tillfällen under sommaren höga halter omväxlande med lägre halter. Antalet koliforma och termotabila koliforma bakterier var lågt under sommaren jämfört med antalet under vår och höst (IV).

Vid lokaler relativt nära vattendragsmynningar ökade bakteriehalterna från sensommar till höst (II). Denna ökning uteblev vid de relativt mindre påverkade lokalerna.

BAKTERIEPOPULATIONENS SAMMANSÄTTNING

Bakteriepopulationens sammansättning tycktes variera så att bakteriefloran under sommar och vinter ej var densamma i epilimnion som i hypolimnion. Som beskrivits ovan var kvoten mellan det antal bakterier som erhöles med sedimentextrakt och antalet med YPA/10 väsentligt större i prov från hypolimnion än i prov från epilimnion (III).

I prov från Ekolns ytvatten tagna under sommaren var kvoten mellan antalet MPA-bakterier och antalet YPA-bakterier knappt 0,10 (II). Kvoten i prov från 10 och 20 meters djup var omkring 0,17. Här påminde hypolimnions bakterieflora om floran under övriga årstider då kvoten låg mellan 0,15 - 0,20. Kvoten mellan antalet koliforma bakterier och antalet YPA-bakterier var låg under sommaren. Den var under perioden 19/6 - 21/8 1967 i ytvattnet $5 \cdot 10^{-6}$ och i prov från 10 och 20 meters djup $22 \cdot 10^{-6}$ respektive $28 \cdot 10^{-6}$. Under övriga årstider var antalet koliforma bakterier absolut och relativt antalet YPA-bakterier högre. Kvoten var således i genomsnitt under vår och höst $300 \cdot 10^{-6}$ och under vintern uppgick den till $140 \cdot 10^{-6}$.

Andelen pigmenterade YPA-bakterier av hela antalet YPA-bakterier var

högst i sommarens ytvattenprov (II). I prov från Ekoln var andelen då 38 % i prov från vattenpelarens övre del samtidigt som andelen i prov från dess nedre del var 29 %. Under övriga årstider uppgick andelen till omkring 21 %.

Om bakterieflorans sammansättning beskrivs på dessa sätt kunde ingen skillnad fastställas i prov tagna från olika djup under vår- och höstcirkulationen. Under vintern varierade åter sammansättningen med djupet. Exempelvis var i Ekoln kvoten mellan koliformer och YPA-bakterier omkring $90 \cdot 10^{-6}$ i prov från 0,5 meters djup, medan kvoten i prov från 10 och 20 meters djup var $140 \cdot 10^{-6}$ respektive $230 \cdot 10^{-6}$ (Fondén, opublicerat). Andelen pigmenterade YPA-bakterier varierade även med djupet. Den var 17 % i prov från vattenpelarens övre hälft jämfört med 21 % i prov från pelarens nedre hälft (II).

YPA-bakterier isolerade från ytvattenprov tagna i Ekoln tycktes till en större del bestå av långsamt växande bakterier under sommaren än under hösten (III). 25 % av isolaten från prov tagna i juli och augusti gav ej tydlig växt i ett substrat med bland annat glukos, jästextrakt och pepton inom 5 dygn vid 20°C utan först inom 10 dygn. Denna del var i prov från oktober och november endast 3,5 %. De bakterier, vilka gav tydlig växt inom 5 dygn, skilde sig även från sommar till höst, därigenom att sommarisolaten efter 5 dygn uppnått betydligt högre halter i dessa substrat än höstisolaten.

Bakteriernas näringsbehov varierade från en årstid till en annan (III). En stor del av vår- och sommarisolaten behövde organiska kväveföreningar medan höst- och vinterisolaten i större utsträckning växte väl utan dessa föreningar.

ORSAKER TILL BAKTERIEPOPULATIONENS KVALITATIVA OCH KVANTITATIVA VARIATION

De bakterier, som påträffas i vattnet i en sjö, kan finnas här antingen genom att de förökat sig i denna miljö, aktiva bakterier, eller genom att de tillförts vattnet utan att kunna föröka sig däri. Således har man kunnat visa att bakteriehalterna ökat i samband med kraftig tillförsel av bakterier vid snösmältning eller vid kraftiga regn (Boyd och Boyd 1963, Collins 1960). Betydelsen av de tillförda bakterierna har studerats i Ekoln genom att bestämma bakteriehalterna i sjön samtidigt med sjöns bakterietillförsel genom Fyrisån (II).

För att i någon mån kunna bedöma de tillförda bakteriernas relativa vikt beräknades relationen mellan antalet per dygn tillförda bakterier och Ekolns vattenvolym. I slutet av juli tillfördes Ekoln genomsnittligt per ml 110 YPA-bakterier och 10 MPA-bakterier, vilket utgjorde omkring 0,6 % av antalet vid lokalen i Ekoln. Under höst och vinter var motsvarande andel 6 %

för YPA-bakterierna och 19 % för MPA-bakterierna. Högst andel utgjorde de tillförda bakterierna under vårfloden, då värdet för YPA-bakterierna var 14 % och för MPA-bakterierna 25 %.

Förutom mängden tillförda bakterier är även deras livslängd av betydelse för de tillförda bakteriernas inflytande på bakteriepopulationen i sjön. Den genomsnittliga livslängden borde vara kortare under sommaren än under övriga årstider då dessa bakterier borde ha svårare att tillgodose den energimängd som krävs för deras fortlevnad. Denna ökar nämligen med stigande temperatur (Lomanna och Malette 1965). Under sommaren borde livslängden även vara kortare eftersom sannolikheten för att en bakterie kom att konsumeras av djurplankton då uppskattades till att vara drygt 100 gånger högre än under övriga årstider (II).

Både synpunkter på mängden tillförda bakterier och deras livslängd antyder således att dessa bakterier borde vara av största betydelse under vår, höst och vinter. Studier av förhållandena i Ekoln styrker dessa antagande (II).

I samband med vårflod och islossning 1968 kunde vattnet från Fyrisån spåras vid lokalen i Ekoln genom att vattnets innehåll av partikulärt material ökade medan vattnets salthalt minskade. Härvid erhöles även de högsta bakteriehalterna i Ekoln under året. Bakterieflorans sammansättning ändrades också så att den mer kom att likna åvattnets bakterieflora.

Under vintern påträffades högst bakteriehalter mot botten i Ekolns djuppartier. Detta vattens halt av skilda kemiska föreningar överensstämde med vattnet från Fyrisån. Då samtidigt bakterieflorans sammansättning med exempelvis mycket höga halter av koliforma bakterier påminde om Fyrisåns bakterieflora torde även under denna årstid bakterierna i denna del av Ekoln kunna härledas till bakterier som tillförts sjön genom Fyrisån (II, IV).

Under sommaren tycktes däremot de aktiva bakterierna vara av dominerande betydelse för bakteriehalterna. Vore detta inte fallet borde bakteriehalterna vara lägst under denna årstid då dels mängden tillförda bakterier var låg, dels dessa bakteriers livslängd borde vara kort. I motsats härtill noterades årets högsta bakteriehalter i prov från ytvattnet vid slutet av juli, då de uppgick till 100 000 per ml.

Som framgått ovan var också bakteriepopulationens sammansättning en annan under sommaren än under övriga årstider, vilket speciellt accentuerades i ytvattnet. Tillgången på organisk substans var även högst under sommaren.

Då bakteriepopulationernas näringsbehov analyserades visade det sig att många bakterieisolat från vår och sommar i jämförelse med isolat från

andra årstider behövde ämnen som fanns i pepton och jästextrakt för god växt (III). Dessa ämnen kan ha utgjorts av kolkällor andra än glukos och aminosyror eller av peptider som kvävekälla. Vid de tillfällen då en stor del bakterier behövde dessa ämnen dominerades växtplankton av stora mängder kiselalger. Mineraliseringen av dessa alger borde kunna förse bakterierna med ett rikt förråd av kolkällor och peptider.

I juli 1967 behövde isolaten från Hjälmarén endast i få fall pepton och jästextrakt medan antalet isolat som behövde aminosyror var högt. Detta skulle kunna bero på att växtplankton då dominerades av blågröna alger, som utsöndrar aminosyror (Fogg 1962, Brehm 1967). Isolaternas aminosyrabehov kan också ha tillfredsställts genom inverkan av filtrerande djurplankton. Om döda växtplankton förvaras tillsammans med dylika djurplankter frigöres nämligen större mängder aminosyror än enbart genom autolys (Brehm 1967).

Vid studiet av förhållandena i Ekoln tycktes det som om höga halter filtrerande djurplankton kunde reducera YPA-bakteriehalterna, medan däremot ingen tydlig inverkan erhöles för MPA-bakteriernas del (II). Mellan hela antalet djurplankton och bakteriehalterna kunde inget samband påvisas. I motsats härtill ansåg Goldman et al (1968) att bakteriehalterna bestämda med plattgjutning ökar med antalet djurplankton. Då härvid ett medium påminnande om YPA och YPA/2 använts, kan den skilda bedömningen av djurplanktons inverkan möjligen bero av att skilda delar av den i sjöarna befinliga bakteriepopulationen utgjort bakgrunden för analysen.

EFFEKTER AV SJÖARNAS BELASTNING MED AVLOPPSVATTEN

De med avloppsvatten tillförda föroreningar påverkar sjöarnas bakterieflora på två principiellt olika sätt.

För det första erhålles genom tillförsel av närsalter och andra tillväxtstimulerande ämnen en hög primärproduktion. Den därigenom bildade organiska substansen bryts bland annat ned av aktiva bakterier, vilka dominerade bakteriefloran i de undersökta sjöarna under sommaren. Detta orsakade YPA-bakteriehalter överstigande etthundratusen per ml ytvatten vid flera tillfällen under sommaren i stora delar av Mälaren och Hjälmarén (II). Vid nedbrytningen åtgår syre och om denna syretäring överstiger den tillgängliga delen kommer anaeroba förhållande att uppkomma, varigenom anaeroba och fakultativt anaeroba bakterier kommer att utgöra de aktiva bakterierna i dessa vattenskikt. Sådana förhållanden hade ännu ej uppkommit i de undersökta sjöarna.

För det andra påverkas bakteriefloran direkt av tillförda bakterier, vilka orsakade bakteriemaxima under vår och höst, även i områden på flera km:s avstånd från åmynningar. En mindre del av dessa tillförda bakterier utgjordes av termostabila koliforma bakterier, vilka anses vara indikatorer på föroreningar med fekalier (IV). Halten av dessa bakterier avgör ett vattens tjänlighet som badvatten eller dricksvatten utan föregående rening. (Meddn. K.Med. styrelsen 1966). Då under sommaren dels mängden tillförda bakterier var liten, dels bakteriernas livslängd sannolikt var kort, var halterna så låga att endast områden i omedelbar närhet av föroreningskällorna var olämpliga som badområden. Endast i mindre områden var vattnet dock så föga förorenat att det var lämpligt som dricksvatten. Under övriga årstider var halterna höga i alla områden utom i de centrala delarna av Mälaren och Hjälmaren.

De här sammanfattade undersökningarna har visat att den belastning med skilda föroreningar, som Mälaren och Hjälmaren utsättes för, märkbart påverkar sjöarnas bakterieflora varigenom sjöarnas lämplighet som rekreatiomsområden och dricksvattenkällor begränsas. Denna påverkan kan reduceras om samhällenas avloppsvatten renas effektivare och om även inverkan från övriga föroreningskällor kan minskas.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Ahl, T. och Willén, T., 1965. Mälarundersökningen - en presentation. - Svensk Naturvetenskap 1965:301-306. Stockholm.
- Boyd, W.L. och Boyd, J.W., 1963. A bacteriological study of an arctic coastal lake. - Ecology 44:705-710. Brooklyn.
- Brehm, J., 1967. Untersuchungen über den Aminosäure - Haushalt holsteinischer Gewässer, insbesondere des Pluss - Sees. - Arch. Hydrobiol. Suppl. 32:313-435. Stuttgart.
- Collins, V.G., 1960. The distribution and ecology of gram-negative organisms other than Enterobacteriaceae in lakes. - J. appl. Bact. 23:510-514. Reading.
- Elster, H.-J., 1963. Die Stoffwechselfynamik der Binnengewässer. - Verh. dtsh. Zool. Ges. München 1963:335-387. München.
- Fogg, G.E., 1962. Extracellular products. - In: Physiology and Biochemistry of Algae, R.A. Lewin ed., pp 475-489. Academic Press. New York.

- Goldman, C.R., Gerletti, M., Javornicky, P., Melchiorri-Santolini, U. och De Amezaga, E., 1968. Primary productivity, bacteria, phyto- and zooplankton in Lake Maggiore: Correlations and relationships with ecological factors. - Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 23:49-127. Milano.
- Goulden, C.H., 1952. Methods of statistical analysis. - J. Wiley & Sons. New York.
- Jannasch, H.W., 1967. Growth of marine bacteria at limiting concentrations of organic carbon in sea water. - Limnol. Oceanogr. 12:264-271. Baltimore.
- Kusnezow, S.J., 1959. Die Rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Seen. - Deutsche Verlag der Wissenschaften. Berlin.
- Lamanna, C. och Malette, M.F., 1965. Basic bacteriology. - Williams & Wilkins. Baltimore.
- Lochhead, A.G., 1952. The nutritional classification of soil bacteria. - Proc. Soc. appl. Bact. 15:15-20. Reading.
- Meddn. K. Med. styrelsen, 1966. Bakteriologiska vattenundersökningar. - Meddn. 112. Stockholm.
- Skerman, T.M., 1963. Nutritional patterns in marine bacterial populations. - In: Symposium on marine microbiology. C.H. Oppenheimer ed., pp 685-698. C.C. Thomas. Springfield.

